

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-204690

(43)Date of publication of application : 31.07.2001

(51)Int.Cl. A61B 3/10

(21)Application number : 2000-318640

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 18.10.2000

(72)Inventor : HIROHARA YOKO  
MIHASHI TOSHIBUMI

(30)Priority

Priority number : 11324744 Priority date : 15.11.1999 Priority country : JP

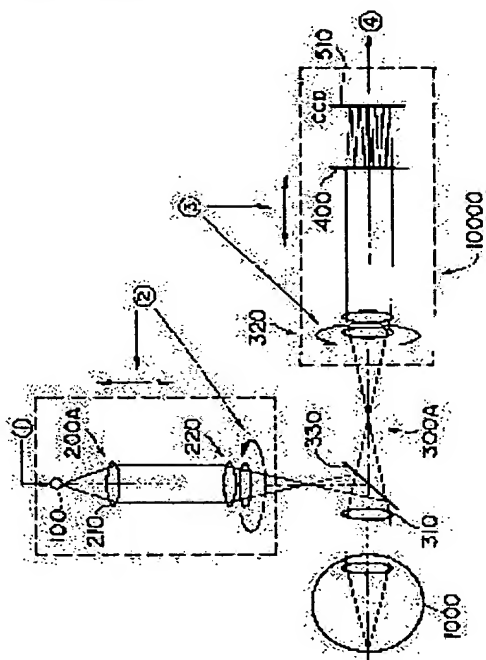
## (54) OPHTHALMOSCOPIC CHARACTERISTIC MEASURING INSTRUMENT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ophthalmoscopic characteristic measuring instrument for measuring the characteristics of an eye to be examined and capable of making illuminating conditions and light-receiving conditions to be optimum by being provided with an imaging state changing part for making the illuminating conditions suitable.

**SOLUTION:** In the instrument, a first light source emit a light flux, and a first light illuminating optical system illuminates a minute region on the retina of the eye to be examined so that the illuminating conditions change freely. The first light-receiving system introduces a part of the light flux reflected and come back to the first light-receiving part via a first conversion member for converting the reflected light flux to at least 17 pieces of beams. An operating part find the optical characteristics of the eye to be examined based on a first signal from the first light-receiving part corresponding to the inclination angle of the light flux.

The imaging state changing part can change the imaging states of the first illuminating optical system and the first light-receiving optical system in accordance with the first signal from the first light-receiving part.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

- ・ [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-204690  
(P2001-204690A)

(43) 公開日 平成13年7月31日 (2001.7.31)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 1 B 3/10

識別記号

F I

A 6 1 B 3/10

テーマコード(参考)

Z

M

R

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-318640(P2000-318640)

(22) 出願日 平成12年10月18日 (2000. 10. 18)

(31) 優先権主張番号 特願平11-324744

(32) 優先日 平成11年11月15日 (1999. 11. 15)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72) 発明者 広原 陽子

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
プコン内

(72) 発明者 三橋 俊文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
プコン内

(74) 代理人 100089967

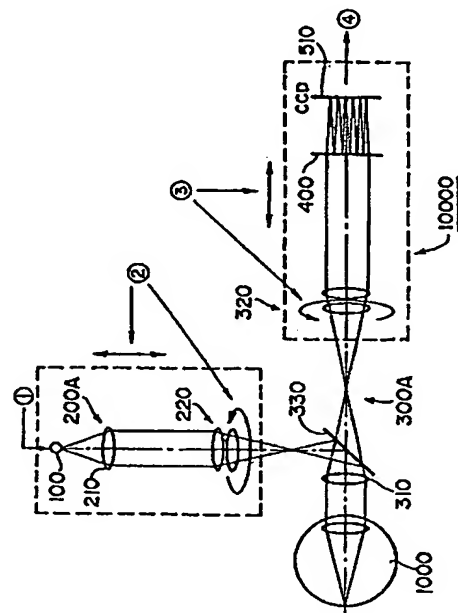
弁理士 和泉 雄一

(54) 【発明の名称】 眼特性測定装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、被検眼の光学特性を精密に測定する装置に係わり、特に、照明状態を適切にするための結像状態変化部を備え、照明条件、受光条件を最良とすることのできる眼特性測定装置を提供することを目的とする。

【構成】 本発明は、第1の光源部が光束を発し、第1照明光学系が、被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明し、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導き、演算部が、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部が、第1受光部からの第1信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第1受光部からの第1信号

に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項2】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、この演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項3】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第1受光部からの第1信号に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項4】 第1波長の光束を発する第1光源部と、該第1光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材を介して第1受光部に導く第1受光光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部に導く第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求める演算部と、少なくとも上記第2受光部から

の第2信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させる結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項5】 上記結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1状態とし、その後、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2状態とするように構成されている請求項4記載の眼特性測定装置。

【請求項6】 上記結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1状態とし、その後、第1受光部の受光信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2状態とするように構成されている請求項4記載の眼特性測定装置。

【請求項7】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、第2波長の光束を発するための第2の光源部と、該第2の光源部からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明するための第2照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、第2受光部からの第2信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項8】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの第1光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、第2波長の光束を発するための第2の光源部と、該第2の光源部からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明するための第2照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部からの第2信号に基づき、第1照明光学系の照明状態を検出するための演算部と、第1受光部からの第1信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の

結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項9】 前記照明光学系で変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状態であり、前記結像状態変化部が変化させる結像状態とは、前記受光部に入射する受光光束の集光状態であることを特徴とする請求項1～8の何れか1項記載の眼特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被検眼の光学特性を精密に測定する装置に係わり、特に、照明状態を適切にするための結像状態変化部を備え、照明条件、受光条件を最良とすることのできる眼特性測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】眼の光学特性を測定する装置には、本出願が特許出願を行ったものとして、第1受光部の受光レベルで照明光学系のピン調整を行い、第1受光部の出力から求めた光学特性(S)に基づき受光光学系のピン調整を行う装置が存在している。(特願平9-137630号)

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の被検眼の光学特性を測定する装置では、眼鏡の矯正しか行うことができず、十分なものとは言えなかった。

【0004】本発明は、照明状態を適切にする様に、照明状態を変化させることのできる眼特性測定装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、第1波長の光束を発するのための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第1受光部からの第1信号に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成されている。

【0006】また本発明は、演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部を備えることもできる。

【0007】そして本発明は、第1受光部からの第1信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部を備えることもできる。

【0008】更に本発明は、少なくとも上記第2受光部からの第2信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させる結像状態変化部とから構成することもできる。

【0009】また本発明の結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1状態とし、その後、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2状態とするように構成することもできる。

【0010】そして本発明の結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1状態とし、その後、第1受光部の受光信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2状態とするように構成することもできる。

【0011】そして本発明は、演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部を備えることもできる。

【0012】また本発明は、第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの第1光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、第2波長の光束を発するための第2の光源部と、該第2の光源部からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明するための第2照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部からの第2信号に基づき、第1照明光学系の照明状態を検出するための演算部と、第1受光部からの第1信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成されている。

【0013】更に本発明は、照明光学系で変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状

態であり、前記結像状態変化部が変化させる結像状態とは、前記受光部に入射する受光光束の集光状態であることもできる。

【0014】

【発明の実施の形態】以上の様に構成された本発明は、第1の光源部が第1波長の光束を発生し、第1照明光学系が、第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明し、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導き、演算部が、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部が、第1受光部からの第1信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることができる。

【0015】また本発明の結像状態変化部が、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることができる。

【0016】そして本発明の結像状態変化部が、第1受光部からの第1信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とすることができる。

【0017】更に本発明は、結像状態変化部が、少なくとも第2受光部からの第2信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることもできる。

【0018】また本発明の結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1状態とし、その後、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2状態とすることもできる。

【0019】そして本発明の結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1状態とし、その後、第1受光部の受光信号に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2状態とすることもできる。

【0020】また本発明は、第1の光源部が第1波長の光束を発生し、第1照明光学系が、第1の光源部からの第1光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明し、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導き、第2の光源部が、第2波長の光束を発生し、第2照明光学系が、第2の光源部からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明し、第2受光光学

系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部に導き、演算部が、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部からの第2信号に基づき、第1照明光学系の照明状態を検出し、結像状態変化部が、第1受光部からの第1信号のレベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とすることができる。

【0021】更に本発明は、照明光学系で変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状態であり、結像状態変化部が変化させる結像状態とは、受光部に入射する受光光束の集光状態であることもできる。

【0022】本明細書中において、第1信号に応じてあるのは、被測定眼での照明光のビント状態に相当するような第1信号のレベルの大小や、被測定眼からの反射光束の波面形状に相当するような第1信号中の受光ビームに相当するパルスの間隔、受光面上での受光ビームの密度又は位置などを含むものである。また、同様に第2信号に応じてあるのは、被測定眼での照明光のビント状態に相当するような第2信号のレベルの大小と、被測定眼からの反射光束の波面形状に相当するような第2信号中の受光ビームに相当するパルスの間隔、受光面上での受光ビームの密度又は位置などを含むものである。

【0023】

【実施例】

【0024】以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0025】〔第1実施例〕

【0026】本発明の第1実施例である眼特性測定装置10000は、図1及び図2に示す様に、第1波長の光束を発生するための第1の光源部100と、第1の光源部100からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系200Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導くための第1受光光学系300Aと、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部600と、第1受光部510からの第1信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成されている。

【0027】そして演算部600が、制御部610を含む全体の制御を司っている。更に、制御部610は、第1の光源部100等を制御駆動する様に構成されてい

る。

【0028】第1の光源部100は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第1実施例の第1の光源部100には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

【0029】また、本第1実施例の第1の光源部100は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。

【0030】そして、SLDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

【0031】本第1実施例の照明用の第1の光源部100の波長は、赤外域の波長、例えば780nmを使用することができる。第1の光源部100は、連続点灯させている場合には、第1受光部510において、光学特性測定用の光束と、被検査対象物である被検眼前眼部の光束とが同時に受光される。

【0032】第1照明光学系200Aは、第1の光源部100からの光束で被検眼眼底上で微小な領域を照明するためのものである。第1照明光学系200Aは、第1の集光レンズ210と、第1のシリンダーレンズ220a、リレーレンズ200bとから構成されている。

【0033】第1受光光学系300Aは、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し第1受光部510に導くためのものである。第1受光光学系300Aは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2のシリンダーレンズ320aと、第2のリレーレンズ320bと、第1のビームスプリッタ330と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400とから構成されている。

【0034】また、第1受光光学系300Aには、第1のビームスプリッタ330が挿入されており、第1照明光学系200Aからの光を被検眼1000に送光し、反射光を透過させる様に構成されている。

【0035】第1受光部510は、変換部材400を通過した第1の受光光学系300Aからの光を受光し、第1信号を生成するためのものである。

【0036】第1の光源部100と眼底が共役となっており、眼底と第1受光部510とが共役となっている。更に、変換部材400と瞳孔も共役となっている。

【0037】即ち、第1のアフォーカルレンズ310の前側焦点は、被検査対象物である被検眼前眼部と略一致している。

【0038】そして、第1照明光学系200Aと第1受光光学系300Aとは、第1の光源部100からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第1受光部510での信号ピークが最大となる関係を維持

して、連動して移動し、第1受光部510での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。この結果、第1の光源部100からの光束が、被検眼上で集光することとなる。

【0039】次に、変換部材400について説明する。

【0040】第1受光光学系300Aに配置された変換部材400は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第1実施例の変換部材400には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0041】ここでマイクロフレネルレンズについて詳細に説明する。

【0042】マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点と平行な出射に最適化されたブレースを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した8レベルの光路長差をつけたもので、98%の集光効率を実現できる。

【0043】眼底からの反射光は、第1のアフォーカルレンズ310及び第2のシリンダーレンズ320を通過し、変換部材400を介して、その1次光として第1受光部510上に集光する。ここで0次光は透過光束に相当し、1次光は収束光束に相当する。

【0044】また変換部材400は、少なくとも17個の領域に分けられた各領域において、収束作用を行うマイクロレンズ部と透過作用を行う開口部分で構成することも可能である。

【0045】本第1実施例の変換部材400は、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換する波面変換部材から構成されている。

【0046】次に第1受光部510は、変換部材400で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、リードアウトノイズの少ないCCDが採用されている。CCDは、他に低ノイズタイプの一般的なものから測定用の2000\*2000素子の冷却CCD等、何れのタイプのものが使用できる。

【0047】低ノイズタイプのCCDとそのドライバーからの画像信号出力は、対応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0048】ここで、眼特性測定装置10000の電気的な構成を図2に基づいて説明する。眼特性測定装置10000の電気的な構成は、演算部600と、制御部610と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部920とから構成されている。

【0049】制御部610は、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の光源部100の点灯、消灯を制御したり、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御するためのものである。

【0050】第1の駆動部910は、演算部600に入



力された第1受光部510からの信号に基づいて、第1照明光学系200Aの第1のシリンダーレンズ220aを回動させるためのものである。第1の駆動部910は、適宜のレンズ移動手段を駆動させて、第1のシリンダーレンズ220aを回動させる様に構成されている。

【0051】第2の駆動部920は、演算部600に入力された第1受光部510からの信号に基づいて、受光光学系300Aの第2のシリンダーレンズ320aを回動させるためのものである。第2の駆動部920は、適宜のレンズ移動手段を駆動させて、第2のシリンダーレンズ320aを回動させる様に構成されている。

【0052】第1シリンダーレンズ220及び第2のシリンダーレンズ320の詳細な構成及びそれによる駆動\*

$$\begin{aligned} A_s(\theta) &= D \cos^2(\theta - \phi_+) + D \cos^2(\theta - \phi_-) \\ &= D (\cos^2(\theta - \phi_+) + \cos^2(\theta - \phi_-)) \\ &= D (-2 \sin(2(\theta - \phi_+ - \phi_-)/2)) \sin(2(-\phi_+ + \phi_-)/2)) \\ &= -2D (\sin(2\theta - \phi_+ - \phi_-) \sin(-\phi_+ + \phi_-)) \end{aligned}$$

【0057】合成円柱度数は、合成非点収差の最大値となる。このとき、

【0058】 $\sin(2\theta - \phi_+ - \phi_-) = 1$

【0059】よって、 $\theta = ((\phi_+ - \phi_-)/2) + 45^\circ$  ( $\theta$ : 円柱度数の軸の向きとなる)

【0060】の時に、

【0061】 $A_s(\theta) = 2D \sin \alpha$

【0062】( $\alpha = \phi_+ - \phi_-$  (交差角 (開き角))) の最大値をとり、円柱度数Cが

【0063】形成される。

【0064】なお、第1の駆動部910と第2の駆動部920と適宜のレンズ移動手段とは、第1照明光学系200及び第1受光光学系300の結像状態を変化させるための結像状態変化部に該当するものである。

【0065】次に、眼特性測定装置10000の具体的な測定方法を図3に基づいて説明する。ステップ1(以下、S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aを原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0066】次に、S4では、測定準備Aを実行する。

【0067】ここで、図4に基づいて、測定準備Aを詳細に説明する。

【0068】まずS1で、測定準備Aを開始する。次にS2では、第1受光部510によりスポット像レベル $L_s$ を検出する。そしてS3では、スポット像レベル $L_s$ が、予め設定されたレベル $L_0$ を越えているか否か

\*方法を以下に説明する。これらのシリンダーレンズは、それぞれ、2つ1組のシリンダーレンズで構成される。その円柱度数をそれぞれD、-Dとする。ここでxy座標上のシリンダーを考える。円柱度数Dと-Dのシリンダーの軸がx軸となす角をそれぞれ $\phi_+$ 、 $\phi_-$ とする。この時、角度 $\theta$ における非点収差は、それぞれ

【0053】 $D \cos^2(\theta - \phi_+) - D \cos^2(\theta - \phi_-)$

【0054】となる。

【0055】これらの合成非点収差 $A_s(\theta)$ は、足し合わせればよいので、

【0056】

を演算部600により判断する。S3で演算部600

20 が、スポット像レベル $L_s$ が、予め設定されたレベル $L_0$ を越えていると判断した場合には、S4に進み、測定準備を完了する。

【0069】ここでは、測定準備Aとして、スポット像のレベルに基づく判断で説明を行ったが、後述する第2実施例の第2変形例で説明するような、第1受光部510上での変換部材400で変換されたビームの受光位置が密になりすぎていると演算部が判断した場合に、適切な間隔となるように、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる測定準備Bに置き換えることも可能である。

30 【0070】なおS3で、スポット像レベル $L_s$ が、予め設定されたレベル $L_0$ を越えていないと判断した場合には、S5に進み、結像状態変化部を制御して照明条件、受光条件を補正する。即ち、演算部600が、第1の駆動部910を制御し、第1照明光学系200Aを移動させて照明条件を変化させて補正する。また演算部600が、第2の駆動部920を制御し、受光光学系300Aを移動させて受光条件を変化させて補正する。

40 【0071】そしてS5で、照明条件、受光条件を補正した後、S2に戻る様になっている。

【0072】ここで、再び、図3に戻って説明する。

【0073】S4で測定準備Aが完了した後、S5に進み、第1受光部510によりスポット像を撮像する。次にS6で重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

50 【0074】次にS7で、正視の重心位置からのずれ量



を算出する。

【0075】S8では、後述する第1式乃至第6式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

【0076】そしてS9では、演算された球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分（S、C、 $A_x$ 、SA、Coma、・・・）等を表示部700に表示する。

【0077】そしてS10で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S11に進み測定を終了する。またS10で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0078】なお、第1照明光学系200Aで変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状態であり、結像状態変化部が変化させる結像状態とは、第1受光部510に入射する受光光束の集光状態とすることもできる

【0079】「第1実施例の測定方法の第1変形例」

【0080】ここで、第1実施例の測定方法の第1変形例を説明する。

【0081】第1実施例の結像状態変化部は、第1受光部510からの第1信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されていたが、第1実施例の第1変形例の結像状態変化部は、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されている。

【0082】次に、眼特性測定装置10000の測定方法の第1変形例を図5に基づいて説明する。ステップ1（以下、S1と略する）で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aを原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0083】次に、S4では、測定準備（B-1）を実行する。

【0084】ここで、図6に基づいて、測定準備（B-1）を詳細に説明する。

【0085】S1で、予備測定（B-1）を開始する。

【0086】次にS2で、第1受光部510によりスポット像を撮像する。そしてS3で重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0087】次にS4で、正視の重心位置からのずれ量を算出する。

【0088】S5では、後述の第1式乃至第6式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

【0089】S5で演算された球面度数、乱視度数、乱視軸角度（S、C、 $A_x$ ）より矯正値D1を演算する。

【0090】そしてS6では、補正値を補正値D2とした時、

$$【0091】|D2 - D1| < \varepsilon$$

【0092】となっているか否かを判断し、補正値D2と矯正値D1との差が、 $\varepsilon$ 以下である場合には、S7に進み、予備測定（B-1）を終了する。

【0093】またS6で、補正値D2と矯正値D1との差が、 $\varepsilon$ 以上である場合には、S8に進み、補正値D2を新たな補正値D2'を加えて、結像状態変化部を制御して照明条件、受光条件を補正する。即ち、演算部600が、第1の駆動部910を制御し、第1照明光学系200Aを移動させて照明条件を変化させて補正する。また演算部600が、第2の駆動部920を制御し、受光光学系300Aを移動させて受光条件を変化させて補正する。

【0094】そしてS6で補正後、S2に戻る様に構成されている。

【0095】ここで、再び、図5に戻って説明する。

【0096】S4で測定準備（B-1）が完了した後、S5に進み、球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分（S、C、 $A_x$ 、SA、Coma、・・・）等を表示部700に表示する。

【0097】そしてS6で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S7に進み測定を終了する。またS6で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0098】「第1実施例の測定方法の第2変形例」

【0099】ここで、第1実施例の測定方法の第2変形例を説明する。

【0100】第1実施例の結像状態変化部は、第1受光部510からの第1信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されていたが、第1実施例の第2変形例の結像状態変化部は、第1受光部510からの第1信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2変化状態とする様に構成されている。

【0101】次に、眼特性測定装置10000の第2変形例の具体的な測定方法を図7に基づいて説明する。ステップ1（以下、S1と略する）で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。

そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aを原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0102】次に、S4では、測定準備Aを実行する。

【0103】測定準備Aは、第1実施例の図4と同様であるから説明を省略する。

【0104】ここで、再び、図7に戻って説明する。

【0105】S4で測定準備Aが完了した後、S5に進み、予備測定(B-1)を実行する。

【0106】予備測定(B-1)は、第1実施例の第1変形例の図6と同様であるから説明を省略する。

【0107】S5で予備測定(B-1)が、完了すると、S6に進み、S6では、球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分(S、C、 $A_x$ 、S A、Coma、...)等を表示部700に表示する。

【0108】そしてS7で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S8に進み測定を終了する。またS7で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0109】[第2実施例]

【0110】次に本発明の第2実施例である眼特性測定装置20000は、図8及び図9に示す様に、第1波長の光束を発するための第1の光源部100と、第1の光源部100からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系200Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導くための第1受光光学系300Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部520に導くための第2受光光学系300Bと、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部600と、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成されている。

【0111】演算部600が、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求める様になっている。

【0112】結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されている。

【0113】第1の受光光学系300Aは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2のシリンダーレンズ320aと、第2リレーレンズ320bと、第1のビームスプリッタ330と、第2のビームスプリッタ340と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400とから構成されている。

【0114】第1受光部510は、変換部材400を通過した第1の受光光学系300Aからの光を受光し、第1信号を生成するためのものである。

【0115】第2の受光光学系300Bは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2のシリンダーレンズ320aと、第2リレーレンズ320bと、第1のビームスプリッタ330と、第2のビームスプリッタ340と、第2の集光レンズ350とから構成されている。第2のシリンダーレンズ320と変換部材400の間に形成された第2のビームスプリッタ340で反射された光は、第2の集光レンズ350を介して第2受光部520に導く様に構成されている。第2受光部520は、第2信号を生成する。

【0116】第1光源部100と眼底が共役となっており、眼底と第1受光部510、第2受光部520とが共役となっている。更に、変換部材400と瞳孔も共役となっている。

【0117】その他の構成は、第1実施例と同様であるから説明を省略する。

【0118】ここで、眼特性測定装置20000の電気的な構成を図9に基づいて説明する。眼特性測定装置20000の電気的な構成は、演算部600と、制御部610と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部920とから構成されている。

【0119】なお、演算部600には、第1受光部510からの第1信号と、第2受光部520からの第2信号とが入力される様に構成されており、演算部600は、第2受光部520からの第2信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部を制御して、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されている。

【0120】次に、眼特性測定装置20000の具体的な測定方法を図3に基づいて説明する。ステップ1(以下、S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aを原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aの第2のシリンダーレンズ320を原点位置に移動させる。

【0121】次に、S4では、測定準備Aを実行する。

【0122】測定準備Aは、図10に示す様に、第2受光部520を使用するものである。

【0123】ここで、図10に基づいて、測定準備Aを詳細に説明する。

【0124】まずS1で、測定準備Aを開始する。次にS2では、第2受光部520によりスポット像レベル $L_s$ を検出する。そしてS3では、スポット像レベル $L_s$ が、予め設定されたレベル $L_0$ を越えているか否かを演算部600により判断する。S3で演算部600が、スポット像レベル $L_s$ が、予め設定されたレベル $L_0$ を越えていると判断した場合には、S4に進み、測定準備を完了する。

【0125】なおS3で、スポット像レベル $L_s$ が、予め設定されたレベル $L_0$ を越えていないと判断した場合には、S5に進み、結像状態変化部を制御して照明条件、受光条件を補正する。即ち、演算部600が、第1の駆動部910を制御し、第1照明光学系200Aを移動させて照明条件を変化させて補正する。また演算部600が、第2の駆動部920を制御し、受光光学系300Aを移動させて受光条件を変化させて補正する。

【0126】そしてS5で、照明条件、受光条件を補正した後、S2に戻る様になっている。

【0127】ここで、再び、図3に戻って説明する。

【0128】S4で測定準備Aが完了した後、S5に進み、第1受光部510によりスポット像を撮像する。次にS6で重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0129】次にS7で、正視の重心位置からのずれ量を算出する。

【0130】S8では、後述の第1式乃至第6式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

【0131】そしてS9では、演算された球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分(S、C、 $A_x$ 、SA、Coma、...)等を表示部700に表示する。

【0132】そしてS10で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S11に進み測定を終了する。またS10で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0133】[第2実施例の測定方法の第1変形例]

【0134】第2実施例では、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号レベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。これに対して、本第2実施例の第1変形例は、結像状態変化部が、第2受光部520

からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1状態とし、その後、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2状態とするように構成されている。

【0135】即ち、第1状態では、第2信号の信号レベルが最大となるように第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。また、第2状態では、演算部600により求められた被検眼の光学特性として、球面成分、乱視成分及び乱視軸角度に応じて、これらを略すように第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。具体的には、第1状態で球面成分の概略補正を、第2状態で球面成分の精密補正と、球面以外の乱視成分、乱視軸角度の補正を行うように構成される。

【0136】次に、眼特性測定装置20000の具体的な測定方法を図12(a)に基づいて説明する。

【0137】ステップ1(以下S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼のQのアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0138】次にS4では、測定準備Aを実行する。この測定準備Aは、第2実施例で説明した図10の測定準備Aと同様である。なお測定準備Aが完了した状態が第1変化状態に該当する。

【0139】S4で測定準備Aが完了した後、S5に進み、予備測定(B-1)を実行する。この予備測定(B-1)は、第1実施例の測定方法の第1変形例の図6で説明したものと同様であり、(S、C、 $A_x$ )により矯正値を求め、これに基づき受光条件を変化させて補正するものである。

【0140】そしてS5の予備測定(B-1)が終了すると、図12(b)のS6に進み第1受光部510によりスポット像を撮像する。以下S6からS10までの処理により被検眼の光学特性として、球面度数、乱視度数、乱視軸角度、球面収差、コマ収差及びその他の高次収差成分(S、C、 $A_x$ 、SA、Coma...)などが測定され、表示される。それらの処理は、第2実施例と共通であるのでその詳細な説明は省略する。S11では、測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S12に進み、測定を終了する。また、S11で測定を終了しない場合には、S2に戻り測定を続行するように構成される。

【0141】[第2実施例の測定方法の第2変形例]

【0142】第2実施例では、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号レベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。これに対して、本第2実施例の第2変形例は、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1状態とし、その後、第1受光部の受光信号に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2状態とするように構成されている。

【0143】即ち、第1状態では、第2信号の信号レベルが最大となるように第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。また、第2状態では、第1受光部の受光信号のレベル又は受光スポット信号の位置に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。具体的には、第1状態で球面成分の概略補正を、第2状態で球面成分の精密補正と、球面以外の乱視成分、乱視軸角度の補正を行うように構成される。

【0144】次に、眼特性測定装置20000の具体的な測定方法を図12(c)に基づいて説明する。

【0145】ステップ1(以下S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼のQのアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0146】次にS4では、測定準備Aを実行する。この測定準備Aは、第2実施例で説明した図10の測定準備Aと同様である。なお測定準備Aが完了した状態が第1変化状態に該当する。S4で測定準備Aが完了した後、S5に進み、測定準備Bを実行する。この測定準備Bは、第1受光部510の信号に応じて第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。具体的には、被測定眼に屈折異常があり、確認したい範囲の第1受光部510上での変換部材400で変換されたビームの受光位置が密になりすぎていると演算部が判断した場合には、適切な間隔となるように、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。例えば、収束光束となっている場合には、収束の度合いが弱くなる方向に変化される。

【0147】そしてS5の測定準備Bが終了すると、図12(c)のS6に進み第1受光部510によりスポッ

ト像を撮像する。以下、S6からS10までの処理により被検眼の光学特性として、球面度数、乱視度数、乱視軸角度、球面収差、コマ収差及びその他の高次収差成分(S、C、Ax、SA、Coma…)などが測定され、表示される。それらの処理は、第2実施例と共通であるのでその詳細な説明は省略する。S11では、測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S12に進み、測定を終了する。また、S11で測定を終了しない場合には、S2に戻り測定を続行するように構成される。

【0148】[第3実施例]

【0149】次に本発明の第3実施例である眼特性測定装置30000は、図11に示す様に、第1波長の光束を発するための第1の光源部100と、第1の光源部100からの第1光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系200Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導くための第1受光光学系200と、第2波長の光束を発するための第2の光源部110と、第2の光源部110からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明するための第2照明光学系200Bと、被検眼網膜から反射して戻ってくる第1光束を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導くための第1受光光学系300Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部520に導くための第2受光光学系300Bと、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部520からの第2信号に基づき、第1照明光学系200Aの照明状態を検出するための演算部600と、第1受光部510からの第1信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成されている。

【0150】第1照明光学系200Aは、第1の光源部100からの光束で被検眼眼底上で微小な領域を照明するためのものである。第1照明光学系200Aは、第1の集光レンズ210と、第1のシリンダーレンズ220aと、第1リレーレンズ220bとから構成されている。

【0151】第2照明光学系200Bは、第2の光源部110からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明するためのものである。第2の光源部110は、例えば波長860nmの第2波長の光束を発するのためのものである。

10

20

30

40

50

【0152】第2照明光学系200Bは、第2の光源部110と、第3の集光レンズ230と、第1の絞りリング240と、第4の集光レンズ250と、第2の絞りリング260と、レンズ270と、第3のビームスプリッタ330とから構成されている。

【0153】第3の集光レンズ230と第1の絞りリング240とは、瞳を照明するためのものであり、第4の集光レンズ250と第2の絞りリング260とは、眼底を照明するためのものである。

【0154】第1受光光学系300Aは、被検眼網膜から反射して戻ってきて第2のビームスプリッタ340を通過した光束を受光し第1受光部510に導くためのものである。第1受光光学系300Aは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2のシリンダーレンズ320aと、第2リレーレンズ320bと、第1のビームスプリッタ330と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400とから構成されている。

【0155】第1受光部510は、変換部材400を通過した第1の受光光学系300Aからの光を受光し、第1信号を生成するためのものである。

【0156】第2の受光光学系300Bは、第1のアフォーカルレンズ310と、第1のビームスプリッタ330と、第2のビームスプリッタ340と、第2の集光レンズ350とから構成されている。第1のビームスプリッタ330と第2のシリンダーレンズ320との間に形成された第2のビームスプリッタ340で反射された第2波長の光は、第2の集光レンズ350を介して第2受光部520に導く様に構成されている。第2受光部520は、第2信号を生成する。第2のビームスプリッタ340は、第1波長の光束を通過し、第2波長の光束を反射するダイクロイックミラーで構成されている。

【0157】第1の光源部100、第2の光源部110の2次光源に相当する第2絞りリング260と、眼底とが共役となっており、眼底と第1受光部510、第2受光部520とが共役となっている。更に、変換部材400と瞳孔も共役となっており、瞳孔と第1の絞りリング240とが共役となっている。

【0158】その他の構成は、第1実施例及び第2実施例と同様であるから説明を省略する。

【0159】ここで、眼特性測定装置30000の電気的な構成を図9に基づいて説明する。眼特性測定装置20000の電気的な構成は、演算部600と、制御部610と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部920とから構成されている。

【0160】なお、演算部600には、第1受光部510からの第1信号と、第2受光部520からの第2信号とが入力される様に構成されており、演算部600は、第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、第2受光部520からの第2信号に基づ

き、第1照明光学系200Aの照明状態を検出する様になっている。

【0161】結像状態変化部は、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2変化状態とするものである。

【0162】なお、本実施例において第1波長は、第2波長よりも短く設定したが、逆の関係としてもよい。また第1波長と第2波長とを同じ波長とし、第2のビームスプリッタ340をハーフミラーで構成することもできる。この場合には、第1照明光学系200Aと第2照明光学系200Bとを共通の構成にすることもできる。

【0163】次に、眼特性測定装置30000の具体的な測定方法を図12(a)に基づいて説明する。ステップ1(以下、S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aを原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0164】次に、S4では、測定準備Aを実行する。この測定準備Aは、第1実施例で説明した図4の測定準備Aと同様である。なお測定準備Aが完了した状態が、第1変化状態に該当する。

【0165】S4で測定準備Aが完了したら、S5に進み、予備測定(B-2)を実行する。

【0166】ここで図13に基づいて、予備測定(B-2)を詳細に説明する。

【0167】S1で、予備測定(B-2)を開始する。

【0168】次にS2で、第2受光部520によりリング像を検出する。これは、第2照明光学系200Bにより、瞳又は眼底を照明し、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部520で検出するものである。瞳を照明する場合には、第1の絞りリング240がリング像を形成し、眼底を照明する場合には、第2の絞りリング260がリング像を形成する。

【0169】そしてS3で、演算部600が、球面度数、乱視度数、乱視軸角度(S、C、Ax)を演算する。

【0170】更にS4では、S3で演算部600が算出した球面度数、乱視度数、乱視軸角度(S、C、Ax)に応じて、結像状態変化部を制御し、照明条件、受光条件を補正する。この状態が、第2変化状態に該当するも



のである。

【0171】S4で、照明条件、受光条件を補正した後、S5に進んで予備測定(B-2)を終了する。

【0172】ここで、再び、図12(a)に戻って説明する。

【0173】S5で予備測定(B-2)が完了した後、S6に進み、第1受光部510によりスポット像を撮像する。次にS7で重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0174】次にS8で、正視の重心位置からのずれ量を算出する。

【0175】S9では、後述の第1式乃至第6式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

【0176】そしてS10では、球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分(S、C、Ax、SA、Coma、...)等を表示部700に表示する。

【0177】そしてS11で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S12に進み測定を終了する。またS11で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0178】「第3実施例の測定方法の変形例」

【0179】第3実施例では、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2変化状態とするものである。

【0180】これに対して本第3実施例の変形例は、結像状態変化部が、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されている。

【0181】次に、眼特性測定装置30000の変形例の具体的な測定方法を図14に基づいて説明する。ステップ1(以下、S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aの第1のシリンダーレンズ220を原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aの第2のシリンダーレンズ320を原点位置に

移動させる。

【0182】そしてS4に進み、予備測定(B-2)を実行する。

【0183】予備測定(B-2)は、第3実施例の図13と同様であるから説明を省略する。

【0184】ここで、再び、図14に戻って説明する。

【0185】S4で予備測定(B-2)が完了した後、S5に進み、第1受光部510によりスポット像を撮像する。次にS6で重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0186】次にS7で、正視の重心位置からのずれ量を算出する。

【0187】S8では、後述の第4式、第5式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

【0188】そしてS9では、球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分(S、C、Ax、SA、Coma、...)等を表示部700に表示する。

【0189】そしてS10で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S11に進み測定を終了する。またS10で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0190】ここで、第1受光部510で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求めるための演算部600の動作原理について詳細に説明する。

【0191】本発明によって測定されるものは、眼の波面収差である。

【0192】図15に示す様に交換部材400の座標をX、Yとし、第1受光部510の座標をx、yとすれば、

【0193】一般に第3式で表される波面W(X、Y)は、下記の第1式と第2式の関係で結び付けられる。

【0194】「数1」

$$\frac{\partial W(X,Y)}{\partial X} = \frac{\Delta x}{f}$$

【0195】.....第1式

【0196】「数2」

$$\frac{\partial W(X,Y)}{\partial Y} = \frac{\Delta y}{f}$$

【0197】.....第2式

【0198】「数3」

$$W(X, Y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^i c_{ij} Z_{ij}(X, Y)$$

【0199】・・・・・・第3式

【0200】そこで、第3式の両辺を、変換部材400＊

$$Z_{nm} = R_n^{n-2m}(r) \left\{ \frac{\sin}{\cos} \right\} (n-2m)\theta$$

 $n-2m > 0$ のとき  $\sin$  $n-2m \leq 0$ のとき  $\cos$ 

【0203】・・・・・・第4式

【0204】「数5」

$$R_n^{n-2m}(r) = \sum_{s=0}^m (-1)^s \frac{(n-s)!}{S!(m-s)!(n-m-s)!} r^{n-2s}$$

【0205】・・・・・・第5式

【0206】そして、下記の第6式の自乗誤差を最小にすることにより、未知量の $C_{1j}$ を求めることができる。

【0207】「数6」

$$S(x) = \sum_{i=1}^n \left[ \left\{ \frac{\partial W(X_i, Y_i)}{\partial x} - \frac{\Delta x}{f} \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial W(X_i, Y_i)}{\partial y} - \frac{\Delta y}{f} \right\}^2 \right]$$

【0208】・・・・・・第6式

【0209】以上の様に求められた $C_{1j}$ を利用することにより、眼の光学的に重要なパラメータとして利用することができる。

【0210】ここで、ゼルニケの多項式の意味を示す。

【0211】 $Z_{1,0}$ 、 $Z_{1,1}$  プリズム

$Z_{2,1}$  S値  
 $Z_{2,0}$ 、 $Z_{2,2}$   $C$ 、 $A_x$  値  
 $Z_{3,0}$ 、 $Z_{3,2}$  矢状収差  
 $Z_{3,1}$ 、 $Z_{3,3}$  3次コマ収差  
 $Z_{4,2}$  3次球面収差  
 $Z_{4,1}$ 、 $Z_{4,3}$  3次非点収差  
 $Z_{5,2}$ 、 $Z_{5,4}$  5次コマ収差  
 $Z_{5,3}$  5次球面収差  
 $Z_{6,4}$  7次球面収差

【0212】

【効果】以上の様に構成された本発明は、第1波長の光束を発するのための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を

＊上の座標 $X$ 、 $Y$ でそれぞれ微分し、第1式と第2式の左辺に代入すると、 $C_{1j}$ の多項式を得ることができる。

【0201】なお、第3式の $Z_{1j}$ は、ゼルニケの多項式と呼ばれるものであり、下記の第4式と第5式で表されるものである。

【0202】「数4」

少なくとも17本のビームに変換するための第1交換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第1受光部からの第1信号に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成されているので、結像状態変化部により、照明条件、受光条件が最適化され、眼の光学特性を高精度に測定することができるという卓越した効果がある。

【0213】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の眼特性測定装置10000の構成を示す図である。

30 【図2】第1実施例の眼特性測定装置10000の電氣的構成を示す図である。

【図3】第1実施例の動作を説明する図である。

【図4】測定準備Aを説明する図である。

【図5】第1実施例の第1変形例の動作を説明する図である。

【図6】測定準備(B-1)を説明する図である。

【図7】第1実施例の第2変形例の動作を説明する図である。

【図8】本発明の第2実施例の眼特性測定装置20000の構成を示す図である。

40 【図9】第2実施例の眼特性測定装置20000の電氣的構成を示す図である。

【図10】測定準備Aを説明する図である。

【図11】本発明の第3実施例の眼特性測定装置30000の構成を示す図である。

【図12(a)】第3実施例の動作を示す図である。

【図12(b)】第2実施例の動作を示す図である。

【図12(c)】第2実施例の動作を示す図である。

【図13】測定準備(B-2)を説明する図である。

50 【図14】第3実施例の変形例の動作を示す図である。



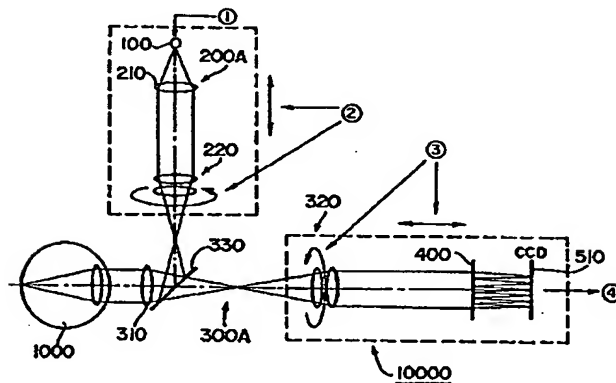
【図15】光学特性の演算方法を説明する図である。

【符号の説明】

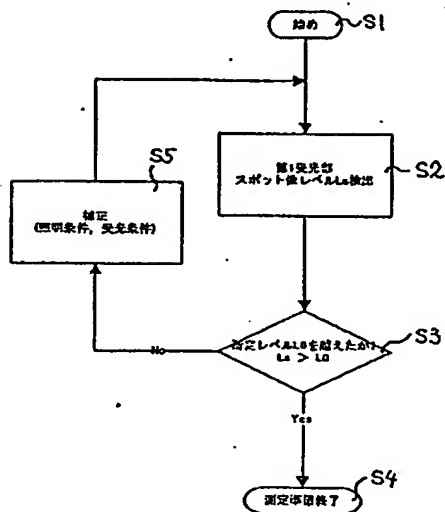
10000 第1実施例の光学特性測定装置  
20000 第2実施例の光学特性測定装置  
30000 第3実施例の光学特性測定装置  
40000 第4実施例の光学特性測定装置  
1000 被検眼  
100 第1の光源部  
110 第2の光源部  
200A 第1照明光学系  
200B 第2照明光学系  
210 第1の集光レンズ  
220 第1のシリンダーレンズ  
230 第3の集光レンズ  
240 第1の絞りリング

\*250 第4の集光レンズ  
260 第2の絞りリング  
270 レンズ  
300A 第1受光光学系  
300B 第2受光光学系  
310 第1のアフォーカルレンズ  
320 第2のシリンダーレンズ  
330 第1のビームスプリッタ  
340 第2のビームスプリッタ  
10 350 第2の集光レンズ  
400 第1変換部材  
510 第1受光部  
520 第2受光部  
600 演算部  
\* 700 表示部

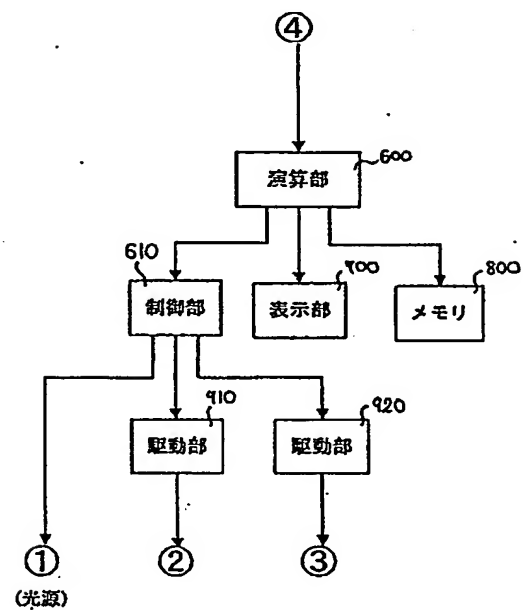
【図1】



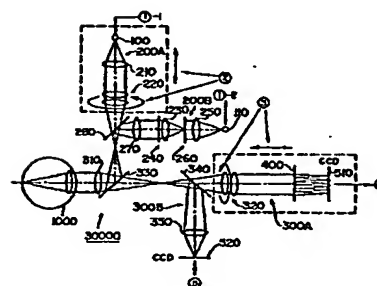
【図4】



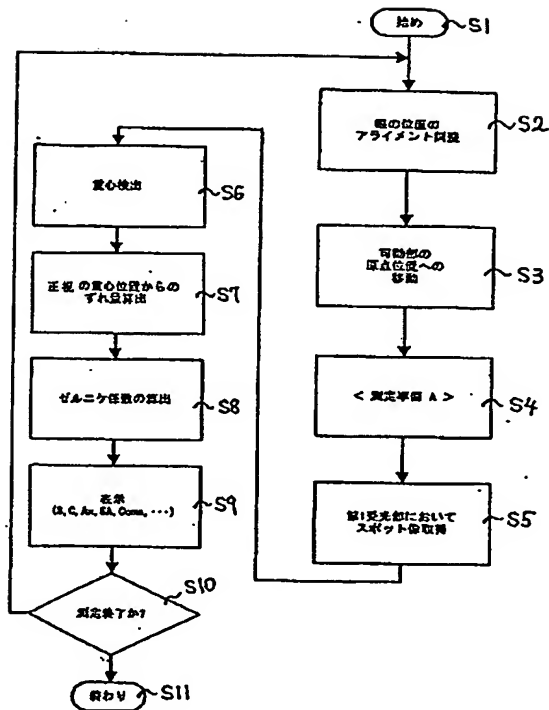
【図2】



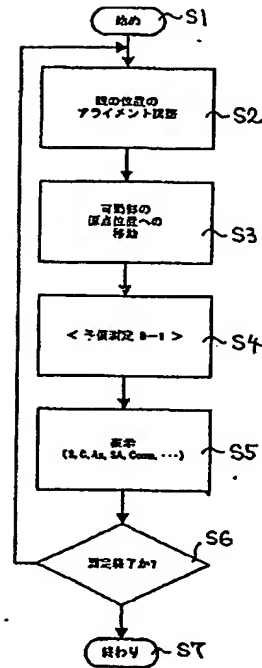
【図11】



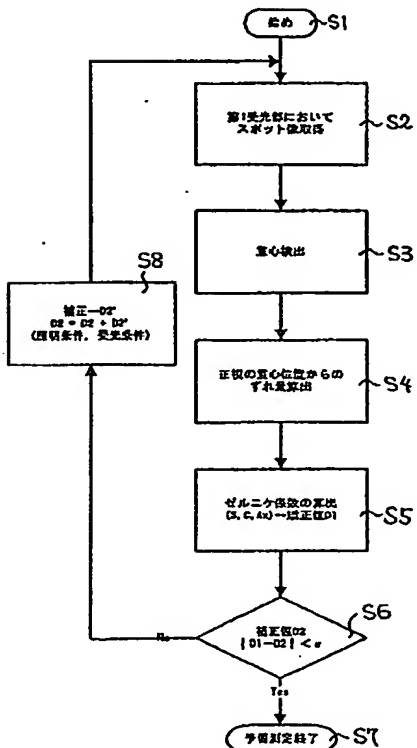
【図3】



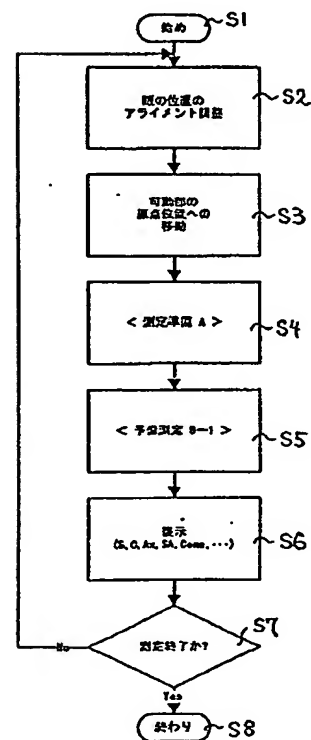
【図5】



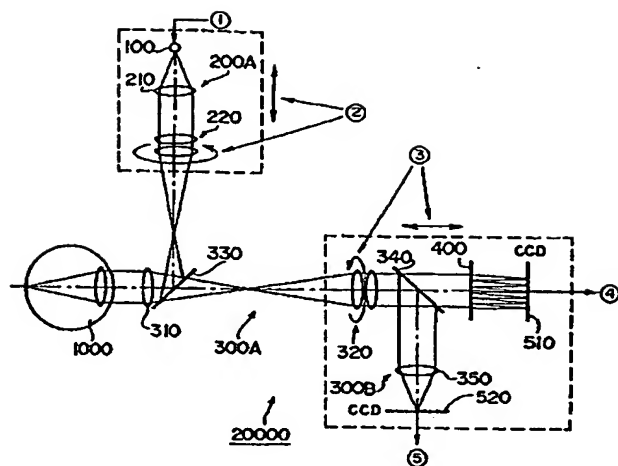
【図6】



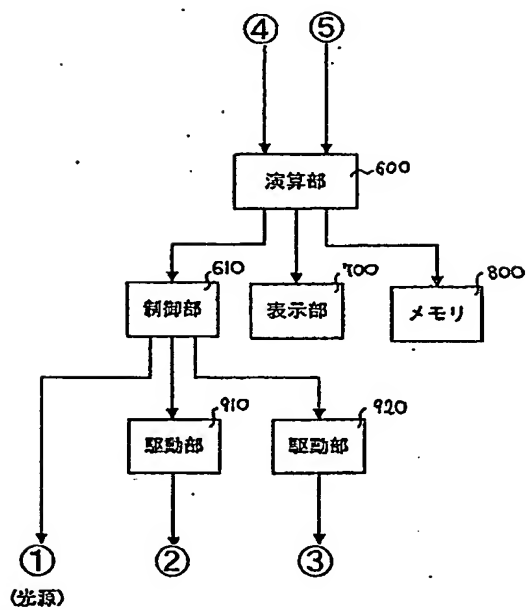
【図7】



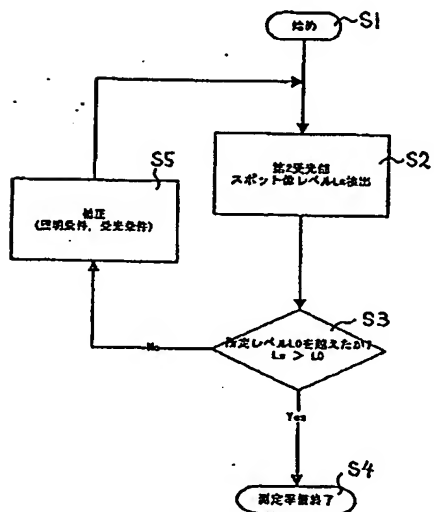
【図8】



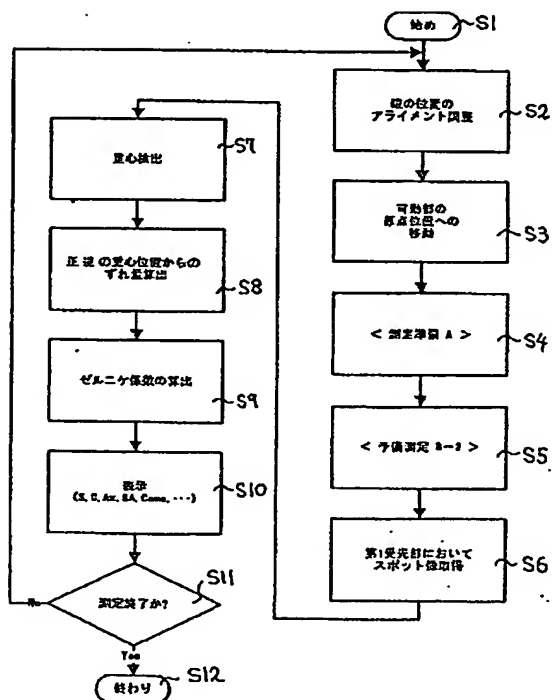
【図9】



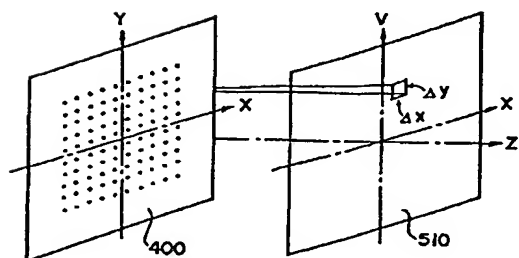
【図10】



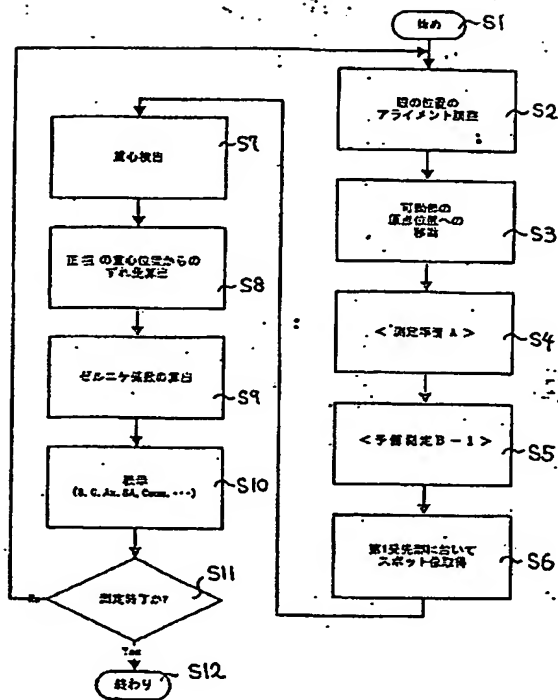
【図12(a)】



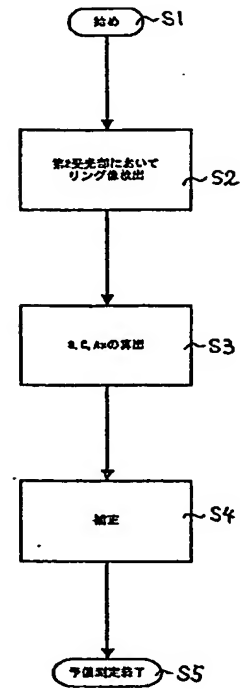
【図15】



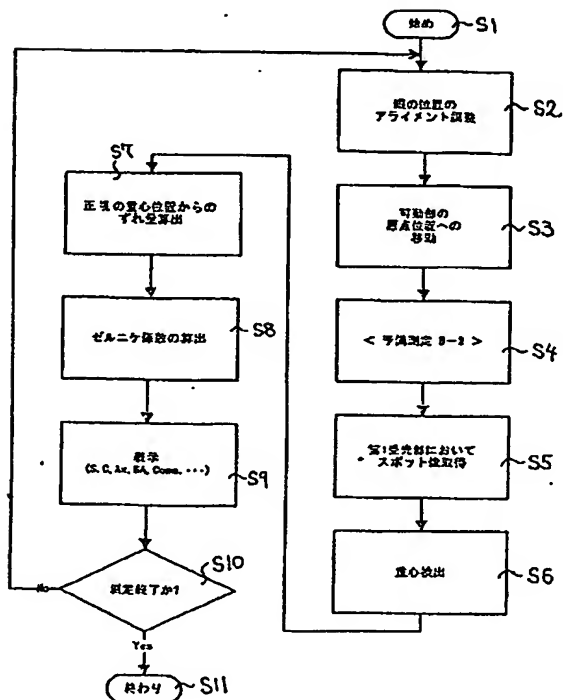
【図12(b)】



【図13】



【図14】



【図12(c)】

